

DEGRADASI BAHAN ORGANIK LIMBAH CAIR INDUSTRI PERMEN DENGAN VARIASI WAKTU TINGGAL

Oleh : Indriyati

Abstrak

Limbah cair yang dihasilkan PT. Van Melle Indonesia (PTVMI), mengandung bahan organik tinggi dengan konsentrasi COD berkisar antara 10.000 – 30.000 mg/L. kandungan bahan organik yang tinggi dapat menimbulkan gangguan bagi perairan, sehingga perlu didegradasi salah satu alternatif teknologi pengolahan limbah yaitu menggunakan reaktor anaerobik lekat diatas terendam. Jenis reaktor ini adalah bioreaktor yang dilengkapi dengan bahan penyangga sebagai tempat massa mikroorganisme tumbuh dan berkembang biak.

Penelitian ini dilakukan untuk melihat degradasi bahan organik limbah cair industri permen dengan variasi waktu tinggal 18, 14, 12 dan 10 hari yang dioperasikan secara kontinyu. Hasil degradasi bahan organik dengan variasi waktu tinggal terbaik di dapat pada waktu tinggal 12 hari dengan degradasi bahan organik terlarut sebesar 98,07%, pH efluen 6,90, produksi harian biogas 5 L/hari, produksi gas metan 3,25 L/hari dan kandungan gas metan 65%. Plastik yang digunakan sebagai media cukup efektif sebagai tempat menempelnya bakteri dengan porositas 87,30% dan luas permukaan efektif sebesar 514,40 M²/M³.

Kata Kunci : Lingkungan Aerob, Lingkungan Anaerob, Degradasi Senyawa

I. PENDAHULUAN

PT. Van Melle Indonesia (PT. VMI) adalah industri yang memproduksi permen dari berbagai rasa dan merek seperti mint, buah-buahan dan rasa coklat. Dalam proses produksinya PT.VMI ini menggunakan gula dan glukosa sebagai bahan baku utama, sehingga limbah yang dihasilkan mengandung organik yang cukup tinggi dilihat dari nilai Chemical Oxygen Demand (COD) yaitu berkisar antara 10.000 – 30.000 mg/l.

Kandungan bahan organik yang tinggi dapat menimbulkan pencemaran sehingga perlu dilakukan proses degradasi bahan organik sebelum dikeluarkan ke badan air. Pada penelitian ini dipilih teknologi pengolahan limbah tanpa menggunakan oksigen yaitu pengolahan biologi secara anaerobik dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk mengolah limbah keluaran proses produksi.

Teknologi yang digunakan adalah menggunakan *Anaerobic Fixed Bed Reactor* (Reaktor Anaerobik Lekat Diam Terendam dengan media plastik). Reaktor anaerobik lekat diam terendam adalah suatu bioreaktor yang dilengkapi dengan bahan penyangga sebagai media tempat masa mikroorganisme tumbuh, berkembang-biak dan menempel pada permukaan bahan penyangga tersebut (Mulyanto dan Indriyati, 2000).

Keuntungan dari penggunaan teknologi reaktor lekat diam terendam antara lain : rendahnya energi yang dibutuhkan, rendahnya lumpur yang dihasilkan dan

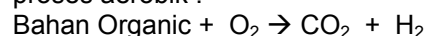
mampu mengolah limbah cair dengan konsentrasi bahan organik tinggi (Adams, 1981). Tujuan penelitian yang dilakukan pada percobaan ini antara lain untuk mengkaji degradasi bahan organik dengan melakukan variasi waktu tinggal, serta menganalisa kemampuan (efisiensi) yang optimal dari media plastik sebagai media reaktor lekat diam terendam terhadap penurunan konsentrasi bahan organik yaitu COD.

II. TINJAUAN PUSTAKA.

Pengolahan secara biologi merupakan alternatif dalam pengolahan limbah sisa aktivitas kegiatan manusia, baik dalam kegiatan industri, pertanian atau peternakan, kegiatan komersial atau kegiatan domestik dengan menggunakan aktivis mikroorganisme (Indriyati, 1997).

Menurut Grady & lim (1980), dalam proses biologi yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme terjadi proses biokimia yang berlangsung dalam 2 (dua) lingkungan utama, yaitu :

1. Lingkungan aerob : lingkungan dengan jumlah oksigen terlarut (DO) di dalam air tersedia dalam jumlah yang cukup banyak sehingga oksigen menjadi factor utama bagi proses yang berlangsung didalamnya. Reaksi yang terjadi pada proses aerobik :

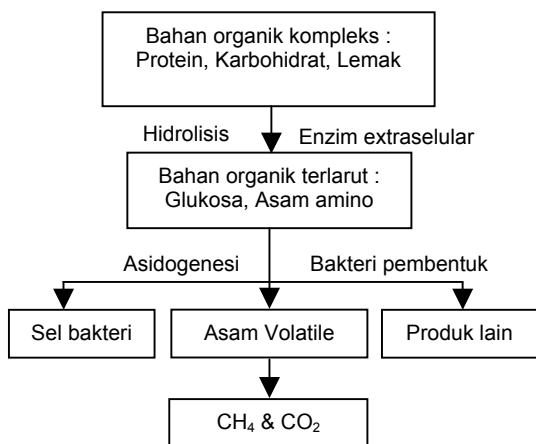


2. Lingkungan anaerob adalah lingkungan dengan jumlah oksigen terlarut yang terbatas atau tidak ada. Reaksi yang terjadi pada proses anaerobik :
Bahan Organik (tanpa O_2) $\rightarrow CO_2 + H_2$

Teknologi Pengolahan Anaerobik.

Proses anaerob adalah proses yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme tanpa oksigen dalam mendegradasi bahan-bahan organik dan dikonversi menjadi biogas. Proses pengolahan secara anaerobik telah digunakan untuk pengolahan limbah sisa kegiatan pertanian, peternakan dan limbah kegiatan industri (British Biogen, 2001).

Keuntungan penerapan pengolahan limbah secara anaerobik adalah menghasilkan energi dalam bentuk biogas, lumpur yang dihasilkan sedikit, tidak memerlukan lahan yang besar dan tidak membutuhkan energi untuk aerasi. Kekurangannya dalam sistem anaerobik adalah proses pertumbuhan mikroorganismenya lambat dibandingkan mikroorganisme yang tumbuh pada proses aerob (Rittman & Mc Carty, 2000). Degradasi senyawa organik secara anaerobik terlihat pada Gambar 1. dibawah ini :



Gambar 1. Degradasi Anaerobik Senyawa Organik. (Sumber : Benefield & Randall, 1980).

Tahapan-tahapan yang terjadi dalam proses degradasi anaerobik seperti pada Gambar 1. diatas adalah sebagai berikut :

1. Proses hidrolisis adalah proses dimana aktivitas kelompok bakteri saprofilik menguraikan bahan kompleks.
2. Proses Asidogenesis, pada proses ini bahan organik terlarut akan diubah menjadi asam organik rantai pendek seperti asam butirat, asam propionat, asam amino, asam asetat dan asam-asam lainnya oleh bakteri asidogenik.

3. Proses metanogenesis adalah proses dimana bakteri Metanogenik akan mengkonversi asam organik volatile menjadi gas metan (CH_4) dan karbondioksida (CO_2).

Reaktor anaerobik dengan media tetap diperkenalkan oleh Young & Mc Carty pada tahun 1967. Bioreaktor ini adalah reaktor yang terdiri dari tangki berisi bahan pembantu berupa material penyangga tetap atau media. Fungsi dari material penyangga/media ini adalah sebagai tempat menempel atau rumah mikroorganisme, sehingga mikroorganisme tidak ikut terbawa cairan sisa buangan atau efluen yang keluar dari reaktor. Tipe reaktor ini dapat mengolah limbah dengan waktu tinggal yang pendek dan beban organik yang tinggi.

Reaktor tipe Fixed Bed ini dapat dioperasikan secara aliran keatas (upflow) atau aliran kebawah (downflow) dengan dan tanpa resirkulasi efluen. Pada sistem aliran keatas terjadi akumulasi bakteri, sedangkan reaktor dengan aliran ke bawah, substrat masuk masuk melalui bagian atas reaktor dan keluar melalui bagian bawah.

Material penyangga atau media tetap dapat dibuat dari berbagai macam bahan yang tidak terdegradasi, misalnya : plastik, keramik, tanah liat, batu apung atau bahan alam lainnya. Material penyangga tetap dalam bioreaktor dapat berfungsi memperbanyak jumlah bakteri didalam reaktor (Weiland dan Wulfert, 1986).

Faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas reaktor antara lain : waktu tinggal hidraulik substrat didalam reaktor, laju pembebanan reaktor yang menyatakan jumlah material organik dalam reaktor per unit volume reaktor per hari, pH adalah salah satu parameter penting karena bakteri metan sangat sensitif terhadap perubahan pH harus selalu dikondisikan pada rentang 6,5 – 7,5 akan tetapi proses masih dapat berjalan pada rentang pH 6,0 – 8,0 pH yang rendah dan berlebihan produksi asam akan menjadi penghambat untuk bakteri metanogenik (Sawyer dan Mc Carty, 1978), alkanitas pada proses anaerobic diperlukan untuk mempertahankan pH agar tetap dalam rentang yang optimum sehingga bakteri metan dapat tumbuh dengan baik dan dapat menghasilkan biogas, temperatur kondisi operasi, nutrisi adalah kebutuhan bakteri anaerobik akan nutrisi N dan P serta senyawa racun atau penghambat yang dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu penghambat fisik dan penghambat kimiawi seperti logam berat.

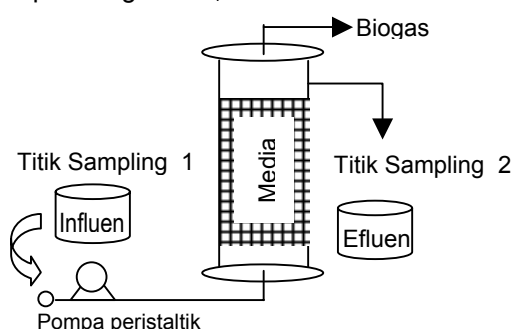
III. METODOLOGI PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilakukan dalam beberapa tahap yaitu persiapan, seeding, aklimatisasi dan penelitian inti dengan variasi waktu tinggal. Untuk lebih jelasnya tahap-tahap tersebut dapat dilihat pada Gambar 2. Diagram Alir Penelitian.

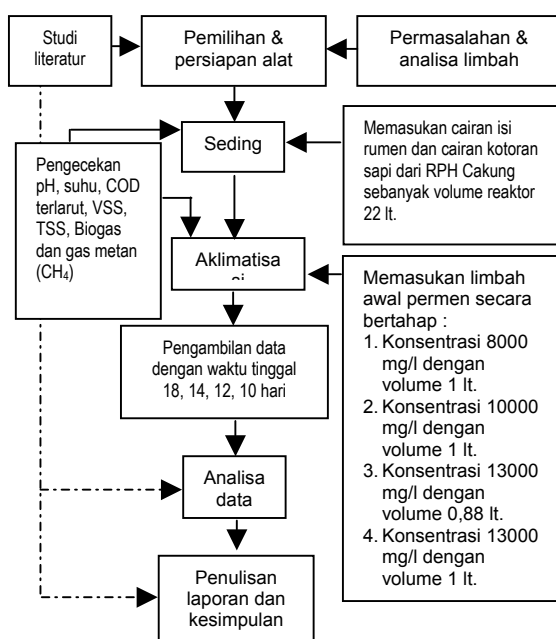
Tahap persiapan dilakukan instalasi alat dan penyiapan reagen bahan kimia, pada tahap seeding bibit mikroorganisme yang berasal dari cairan isi rumen dan cairan potong sapi disirkulasikan ke dalam reaktor. Tahap aklimatisasi merupakan tahap dimana mikroorganisme yang sudah menempel, tumbuhan dan berkembang biak diadaptasikan dengan limbah permen sebagai limbah yang akan diolah pada penelitian inti.

Penelitian inti yaitu pengoperasian reaktor dengan waktu tinggal 18, 14, 12 dan 10 hari bilamana degradasi bahan organik (COD terlarut) telah mencapai nilai lebih dari 80% dan juga reaktor telah menunjukkan keadaan tunak yaitu pH berkisar 6, 5-7, 5 dan suhu yang stabil. Hal lain yang menjadi parameter bahwa keadaan reaktor sudah tunak yaitu presentasi produksi gas metan (CH_4) sekitar 70% atau lebih.

- Pada tahap aklimatisasi, karena sudah mulai menggunakan limbah yang akan diolah maka sampling dilakukan pada kedua titik yaitu titik influen dan titik efluen.
- Pada tahap penelitian ini, sampling juga dilakukan pada titik influen dan titik efluen, serta pengukuran dilakukan secara duplo.
- Untuk pengukuran gas, volume gas yang terbentuk diukur dengan membaca angka pada gas flowmeter pada waktu tertentu dan dihitung dalam liter per hari. Kandungan gas metan diukur dengan *methane tester* dengan membaca skala persen gas CH_4 .



Gambar 3. Titik sampling pada reaktor anaerobik lekat diam terendam



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Titik sampling dan analisa parameter pada penelitian ini dilakukan pada 2 titik yaitu titik influen dan titik efluen untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3. pengambilan sampling dilakukan setiap dua hari sekali, dengan dengan titik pengambilan sampling sebagai berikut :

- Pada saat seeding, pengambilan sampel dilakukan pada titik efluen.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.

Karakteristik dari limbah yang akan diolah pada penelitian ini harus diketahui terlebih dahulu seperti pada tabel 4.1 berikut:

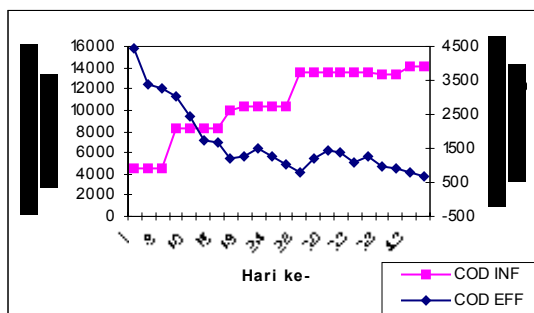
Tabel 4.1 Karakteristik limbah industri permen

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1.	pH/temperatur	- / °C	4,5/28
2.	COD total	mg/l	37389,23
3.	COD terlarut	mg/l	29240,51
4.	BOD5	mg/l	19230
5.	TSS	mg/l	3292
6.	VSS	mg/l	3146

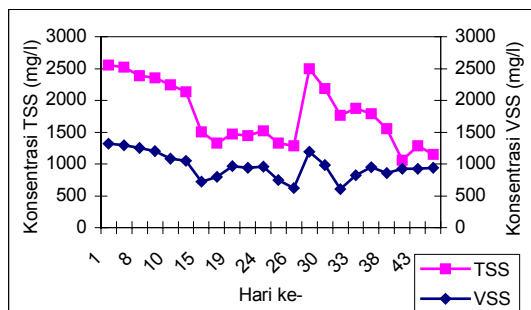
Pada penelitian pendahuluan ini, dilakukan pengukuran volume total reaktor dan volume kerja reaktor dari hasil pengukuran didapat volume total reaktor adalah 25,2 liter dan volume kerja reaktor sebesar 22 liter, dengan mengetahui volume reaktor maka dapat diketahui nilai porositas reaktor. Porositas reaktor pada penelitian ini adalah 87,30%.

Tahap awal penelitian yaitu seeding dan aklimatisasi dilakukan dengan melakukan resirkulasi bibit mikroorganisme anaerob dan dilanjutkan dengan melakukan adaptasi mikroorganisme yang sudah tumbuh dan melekat pada media plastik dengan limbah industri permen. Berdasarkan pengamatan

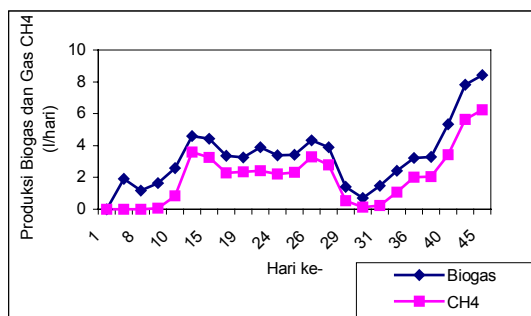
yang dilakukan, didapat masa seeding dan aklimatisasi berjalan dengan baik terlihat pada Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8. terlihat bahwa peningkatan influen atau substrat disertai dengan penurunan konsentrasi COD terlarut pada effluen, konsentrasi, TSS dan VSS yang semakin menurun, konsentrasi CH₄ yang semakin meningkat, pH yang cukup stabil dan degradasi COD terlarut yang cukup stabil dan cukup baik. Hal-hal tersebut memberi indikasi bahwa mikroorganisme sudah mengikat pada media plastik dengan stabil, sehingga reaktor dapat dioperasikan secara kontinyu untuk menurunkan kandungan bahan organik pada limbah cair dan tahap aklimatisasi dapat dihentikan.



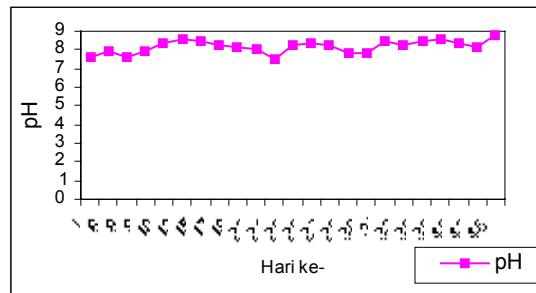
Gambar 4. Konsentrasi COD terlarut influen dan effluen pada masa seeding dan aklimatisasi



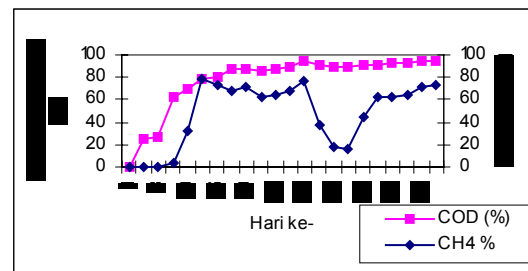
Gambar 5. Konsentrasi TSS dan VSS masa seeding dan aklimatisasi



Gambar 6. Produksi biogas dan gas CH₄ selama masa seeding dan Aklimatisasi



Gambar 7. pH effluen pada masa seeding dan aklimatisasi



Gambar 8. Persentase degradasi COD terlarut dan gas CH₄ pada masa seeding dan aklimatisasi

Penentuan waktu tinggal optimum

Kondisi optimum ditentukan berdasarkan waktu tinggal yang terbaik, waktu tinggal yang terbaik adalah apabila kondisi reaktor stabil. Parameter-parameter yang menunjukkan kestabilan reaktor adalah: efisiensi COD terlarut, pH, produksi biogas dan kandungan metan. Hasil pengamatan dari pengoperasian reaktor anaerobik lekat diam terendam dengan menggunakan media plastik untuk menurunkan konsentrasi bahan organik dilakukan dalam 4 (empat) tahap yaitu dengan waktu tinggal 18,14,12 dan 10 hari, memperlihatkan bahwa pada waktu tinggal 12 hari, merupakan periode yang optimum, kondisi rata-rata parameter yang dicapai pada periode tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Penentuan waktu tinggal 12 hari sebagai waktu tinggal optimum dilihat dari keseluruhan waktu tinggal selama penelitian berlangsung, dengan melihat hasil rata-rata parameter pengoperasian reaktor sebagai berikut:

- Besarnya volume influen limbah yang diberikan berpengaruh terhadap kenaikan produksi harian biogas dan gas metan (Gambar 9). Semakin besar volume influen yang diberikan ke reaktor anaerobik lekat diam, semakin tinggi produksi biogas, tetapi setelah pengoperasian reaktor dengan waktu tinggal 12 hari, reaktor mulai

menunjukkan ketidak stabilan sistem biologi secara anaerobik yang berjalan dengan baik bila bahan organik dapat didegradasi oleh bakteri sampai terbentuk gas metan (Winkler, 1981).

- Konsentrasi COD terlarut pada effluen semakin meningkat seiring dengan kenaikan waktu tinggal atau kenaikan volume pemberian influen limbah pada reaktor sehingga menyebabkan penurunan konsentrasi degradasi COD terlarut, hal tersebut terlihat jelas setelah pengoperasian reaktor dengan waktu tinggal 12 hari. (Gambar 10). Keadaan itu berpengaruh

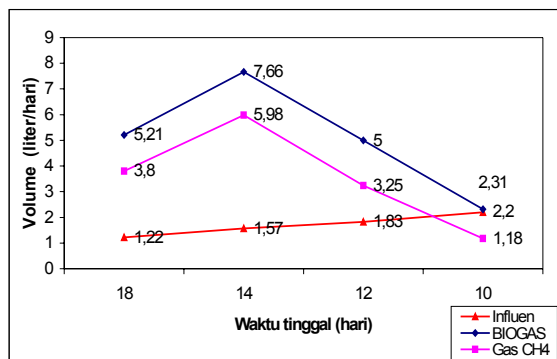
juga pada kandungan gas metan yang semakin menurun pada waktu tinggal 12 hari yaitu 65% (Gambar 11), Kandungan gas tersebut masih mendekati hasil degradasi bahan organik pada proses anaerob yaitu 55%-75% (Reynolds, 1982).

- Kondisi pH pada setiap pengoperasian waktu tinggal sangat dipengaruhi oleh kandungan asam-asam lemak organik. pH rata-rata pada waktu tinggal 12 hari adalah 6,9 (Gambar 11), pH optimum berkisar antara 6,5 - 7,5 (Sawyer dan Mc.Carty, 1978)

Tabel 4.5 Hasil Pengamatan Pada Waktu Penelitian Inti

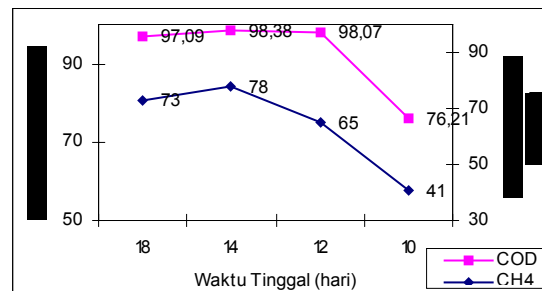
NO	PARAMETER	WAKTU TINGGAL (Hari)			
		18	14	12	10
1	Volume influen (l/hari)	1.22	1.57	1.83	2.2
2	Laju beban (kg COD/m ³ .hari)	0.77	1.01	1.14	1.43
3	COD terlarut influen (mg/l)	13880.95	14096.23	13733.03	14298.90
4	COD terlarut effluen (mg/l)	403.38	228.17	264.96	3402.21
5	pH influen	7.44	7.58	7.51	7.57
6	pH effluen	8.09	7.18	6.90	4.75
7	Gas bio (l/hari)	5.21	7.66	5.00	2.31
8	Gas metan (l/hari)	3.80	5.98	3.25	1.18
9	Kandungan metan (%)	73	78	65	41
10	Degradasi COD terlarut (%)	97.07	98.38	98.07	76.21

Sumber: Hasil penelitian

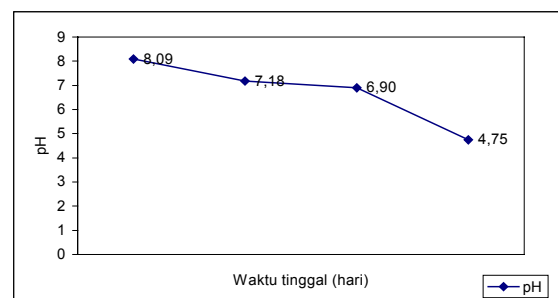
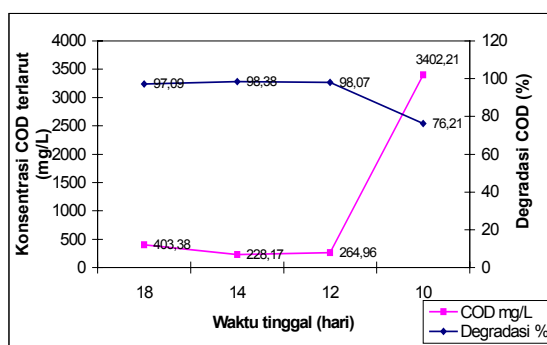


Gambar 9. Perubahan volume influen, produksi biogas dan produksi gas metan berdasarkan waktu tinggal

Gambar 10. Perubahan konsentrasi COD dan degradasi COD terlarut berdasarkan waktu tinggal.



Gambar 11. Perubahan degradasi COD dan konsentrasi CH₄ berdasarkan waktu tinggal.



Gambar 12. Perubahan pH effluen berdasarkan waktu tinggal

Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu tinggal optimum adalah pada waktu tinggal 12 hari dan berdasarkan data yang diperoleh pada penelitian didapat konsentrasi COD effluen 264,96 mg/l pH effluen 6,9, produksi harian gasbio 5,0 L/hari, produksi gas metan 3,25 L/hari dengan kandungan gas metan 65% dan degradasi COD terlarut 98,07%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada limbah cair industri permen dengan menggunakan reaktor anaerobik lekat diam terendam bermedia plastik, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Degradasi COD terlarut pada pengoperasian reaktor secara kontinyu dengan waktu tinggal 18 hari sebesar 97,07%, waktu tinggal 14 hari sebesar 98,38%, waktu tinggal 12 hari sebesar 98,07% dan waktu tinggal 10 hari 76,21%.
2. Waktu tinggal optimum dicapai pada waktu tinggal 12 hari dengan kondisi rata-rata parameter yaitu: degradasi COD terlarut 98,07%, pH effluen 6,90. Produksi harian gasbio 5,0 L/hari, produksi gas metan 3,25 L/hari dengan kandungan gas metan 65% dan degradasi COD terlarut 98,07%.

SARAN

1. Kondisi optimum dengan pengaruh waktu tinggal telah dicapai pada penelitian ini, pada percobaan ini masih memerlukan perlakuan lanjutan berupa pengolahan dengan sistem aerob.
2. Dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan media / material penyangga lain seperti keramik, bambu, untuk mendapatkan waktu tinggal yang lebih singkat dan laju beban yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Adams, C.E, D.L. Ford and W.W. Eckenfelder, Jr. 1981. *Development of Design and Operation Criteria for Wastewater Treatment*, Nashville: Enviro Press.Inc.
2. British Biogen. 2001. *Anaerobic Digestion Good Practice Guindelines*. United Kingdom.

3. Grady, C.P.L and Lim, H.C. 1980. *Biological Wastewater Treatment*, New York: Marcel Dekker, Inc.
4. Indriyati. 1997. *Optimasi Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kecap Secara Biologi Menggunakan Reaktor Tipe Fixed Bed*. Jakarta. Universitas Indonesia.
5. Mulyanto, Adi dan Indriyati. 2000. *Teknologi Pemanfaatan Limbah Cair Industri Pemotongan Hewan*. Proseding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia: Jakarta.
6. Reynolds, Tom D. 1982, *Unit Operational and Processes in Environmental Engineering*. United State of America: B/C Engineering.
7. Rittmann, B.E and Mc. Catry P.L. 2001. *Environmental Biotechnology Principles and Applications*. Boston : Mc. Graw Hill.
8. Sawyer, Clair N and Perry L. Mc. Carty. 1978. *Chemistry for Environmental Engineering*. Mc. Graw Hill International.
9. Winkler, M.A. 1981. *Biological Treatment of Wastewater*. New York: John Wiley and Sons

RIWAYAT PENULIS

Indriyati, lahir di Surabaya, tanggal 28 Februari 1954. Menyelesaikan pendidikan sarjana bidang pertanian di Institute Pertanian Bogor (IPB) dan memperoleh gelar master di bidang kimia dari Universitas Indonesia. Mulai bekerja di BPPT sejak tahun 1980. Saat ini bekerja sebagai peneliti di Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT.